

зумовлює використання в технологічних розрахунках фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром дещо завищених ($\approx 12\%$) значень питомої насипної маси гранул, що позначається на розрахунках процесу промивки фільтруючого шару.

4. Значення параметрів фракційного складу завантаження фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром, встановлене за відомою методикою, не враховує особливості плаваючого завантаження і призводить до похибок у визначенні еквівалентного діаметра гранул фільтруючого шару, коефіцієнта неоднорідності його гранул та питомого значення їх насипної маси.

1. Орлов В.О. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – К.: Будівельник, 1999. – 128 с.

2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1984. – 128 с.

3. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. – М.: Стройиздат, 1992. – 176 с.

Отримано 30.09.2003

УДК 628.1 : 628.16.067.1

Ю.І.ГОРДІЄНКО

*Український державний університет водного господарства і природокористування,
м.Рівне*

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СИСТЕМИ ГІДРОАВТОМАТИКИ ВОДООЧИСНОЇ УСТАНОВКИ

Досліджується вплив швидкості фільтрування та приросту втрат напору у фільтраційному завантаженні водоочисної установки та інших факторів на ефективність зарядки промивного сифона при включенні установки в режим промивки.

Одним із шляхів вирішення питання спрощення експлуатації і, водночас, підвищення надійності роботи фільтрувальних водоочисних споруд є автоматизація процесів їх роботи. Практикою застосування гідроавтоматичних фільтрувальних водоочисних споруд в останні роки виявлено значний техніко-економічний ефект, що досягається за рахунок зниження експлуатаційних затрат і підвищення надійності їх роботи.

Дослідження виконане в рамках державної програми охорони навколишнього середовища Міністерства освіти і науки України. На кафедрі водопостачання та бурової справи УДУВГП проводились експериментальні пошукові роботи на гідроавтоматичній фільтрувальній установці, призначеній для очищення води від заліза із загальною концентрацією до 5 мг/л. Метою досліджень було виявлення і усунення недоліків у роботі системи гідроавтоматики установки – для скорочен-

ня часу “зарядки” промивного сифона під час включення установки в режим промивки і зведення до мінімуму витрат води на її власні потреби.

На основі проведених досліджень та відповідного теоретичного обґрунтування запропоновано дещо змінити схему системи гідроавтоматики установки, а саме: замінити циліндричний гідрозатвор з відкритою поверхнею і сифон спорожнення гідрозатвора трубою з двома перегинами, яка водночас виконує функцію гідравлічного затвора (нижній перегин) і своєсхідного допоміжного імпульсного сифона (верхній перегин). Застосування цієї схеми дозволило збільшити загальний пусковий вакуум у промивному сифоні за рахунок збільшення пульсаційного вакууму і кінетичного в перерізах додатково приєднаної труби на поворотах і приблизно втричі скоротити тривалість зарядки промивного сифона, про що детально описано в [2].

Дана робота присвячена викладенню та обґрунтуванню результатів останніх досліджень і розрахунків щодо впливу різних факторів (таких, як швидкість фільтрування, швидкість приросту втрат напору у фільтраційному завантаженні та ін.) на ефективність роботи системи гідроавтоматики і пошуку найбільш оптимальних умов для задовільної роботи установки в цілому і системи гідроавтоматики, зокрема.

Включення установки в режим промивки в кінці кожного фільтроциклу відбувається в результаті винесення повітря з промивного сифона вихідною водою, яка переливається через його гребінь з висхідної гілки в низхідну при досягненні у фільтраційному завантаженні певної величини втрат напору.

При рухові струмени води в низхідній гілці сифона після початку переливу води через гребінь відбувається перемішування води з повітрям, що знаходиться в сифоні і перешкоджає його зарядці. При цьому утворюється водоповітряна суміш, яка витікає через вихідний отвір допоміжного імпульсного сифона (утвореного за допомогою труби з двома перегинами).

Зарядка сифона починається тоді, коли швидкість руху води в його низхідній гілці досягає певної критичної величини. Під критичною швидкістю руху води в низхідній гілці сифона $V_{кр.}$ згідно з [4] слід розуміти мінімальну швидкість, при якій починається ефективне відсмоктування повітря з сифона, що супроводжується кавітацією (або “пульсацією”) потоку. „Ппульсація” триває до моменту повної зарядки сифона (див. рис.1).

На рис.1 показана якісна діаграма роботи промивного сифона, що складається з п’яти послідовних етапів:

вільний перелив води через гребінь – на графіку ділянка 1-2;

зарядка (що супроводжується „пульсацією” потоку) – ділянка 2-3;
включення сифона в напірний режим – ділянка 3-4;
робота сифона в напірному режимі – ділянка 4-5;
розрядка сифона по закінченні промивки – ділянка 5-6.



Рис.1 – Діаграма роботи промивного сифона при пуску:

- – середня витрата води через сифон під час зарядки;
- – миттєва (фактична) витрата

Аналізуючи діаграму, слід відзначити, що від моменту початку „пульсації” потоку (точка 2 на рис.1) в промивному сифоні час від часу створюється на деяку мить напірний режим, услід за яким відбуваються розрив струмینی і розрядка сифона. За рахунок таких тимчасових (миттєвих) включень в низхідній гілці сифона під час кожного з таких циклів створюється миттєвий („пульсаційний”) вакуум, який може бути додатнім або від’ємним (див. діаграму). В результаті цього може відбуватися підсмоктування води через імпульсну трубку (яка верхнім своїм кінцем приєднана до повітровіддільника на висоті максимальної позначки води в ньому, а нижнім – до низхідної гілки промивного сифона) і миттєве збільшення загальної (середньої) витрати води, що переливається через гребінь імпульсного сифона (утвореного трубою з двома перегинами) за рахунок імпульсної (пульсаційної) витрати:

$$Q_{заг.}^{зар.} = q_{сер.}^{зар.} + q_{имп.}^{зар.}, \quad (1)$$

де $Q_{заг.}^{зар.}$ – загальна витрата води, що переливається через гребінь ім-

пульсного сифона під час зарядки промивного сифона, л/с; $q_{сер.}^{зар.}$ – середня витрата води, що переливається через гребінь промивного сифона під час зарядки, л/с; $q_{имп.}^{зар.}$ – імпульсна витрата води, л/с.

Слід також зауважити, що імпульсна трубка повинна бути підключена до низхідної гілки промивного сифона (котра може працювати по відношенню до імпульсної трубки за принципом ежектора) в перерізі, де під час „пульсації” і під час промивки фільтра буде спостерігатись вакуум. Місцезнаходження цього перерізу визначається на основі гідравлічного розрахунку, який необхідно здійснювати згідно з [3].

Тривалість „пульсації” (а, отже, й зарядки) залежить від швидкості зростання критичної швидкості $V_{кр.}$ в низхідній гілці сифона до швидкості, при якій відбувається повна зарядка сифона $V_{зар.}$, тобто

$$(V_{зар.} - V_{кр.})/t_{зар.} = \Delta V/t_{зар.}, \quad (2)$$

де $t_{зар.}$ – тривалість зарядки промивного сифона (тривалість кавітаційного („пульсаційного”) періоду, яким супроводжується зарядка).

Ймовірно, що величина $\Delta V/t_{зар.}$ залежить насамперед від швидкості приросту втрат напору у фільтраційному завантаженні установки, а швидкість приросту втрат напору, в свою чергу, залежить від швидкості фільтрування $V_{ф.}$, концентрації заліза у вихідній воді C_{Fe} та від розміру фракції зерен завантаження. З іншого боку, розуміємо, що величина критичної швидкості $V_{кр.}$ залежить також від величини діаметра низхідної гілки сифона.

Отже, як бачимо, основними величинами, що характеризують чутливість сифона до зарядки, є критична швидкість руху води в низхідній гілці сифона $V_{кр.}$ і тривалість зарядки $t_{зар.}$. Досвід роботи самопромивних фільтрувальних водоочисних споруд показує, що чим менші величини $V_{кр.}$ і $t_{зар.}$, тим більша чутливість сифона до зарядки.

На рис.2 показана залежність критичної швидкості $V_{кр.}$ від діаметра низхідної труби сифона, наведена в [4].

З графіка видно, що при малих діаметрах труб низхідної гілки сифона (від 10 до 32 мм) величина критичної швидкості $V_{кр.}$ із збільшенням діаметра труб різко зростає, при більших діаметрах (більше $d_y=32$ мм) $V_{кр.}$ зростає повільніше, а при діаметрах більше 80 мм стає майже постійною і складає 0,3-0,32 м/сек.

З вищесказаного зрозуміло, що зарядка сифона буде протікати тим ефективніше, чим меншим буде діаметр її низхідної гілки.

Але з другого боку, діаметр низхідної гілки сифона повинен бути достатнім для пропуску сумарної витрати ($Q_{\text{сум}} = q_{\text{пром.}} + q_{\text{вих.}}$), що рухається по сифону під час промивки фільтра (при промивці фільтра по сифону рухається промивна витрата води разом з витратою вихідної води, що подається на очистку).

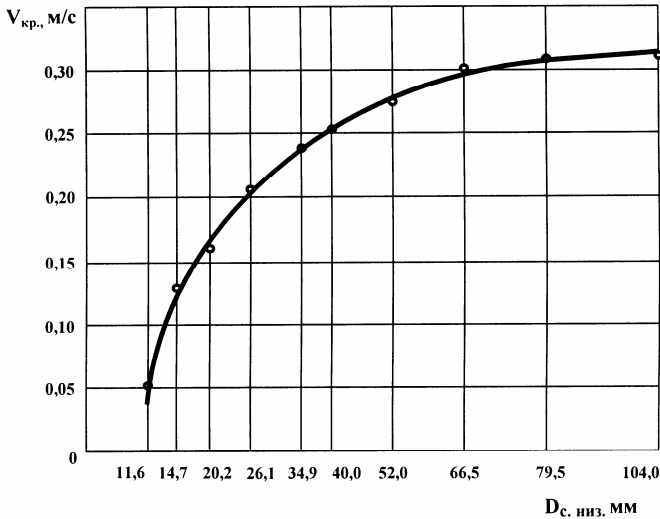


Рис.2 – Залежність критичної швидкості руху води в низхідній гілці промивного сифона від діаметра низхідної гілки

Очевидно, що швидкість руху води в низхідній гілці сифона в початковий момент його зарядки залежить від швидкості фільтрування $V_{\text{ф.}}$ (а, отже, й від величини вихідної витрати $q_{\text{вих.}}$) та від діаметра низхідної гілки $D_{\text{низх.}}$ (див. рис.2). Збільшення швидкості фільтрування від 6-7 до 9-10 м/год (при постійній концентрації заліза у вихідній воді) дозволяє значно збільшити початкову швидкість руху води в низхідній гілці сифона, швидкість її зростання $\Delta V/t_{\text{зар.}}$ до величини $V_{\text{зар.}}$ (при якій відбувається повна зарядка сифона), збільшити величину імпульсної витрати $q_{\text{ім.}}^{\text{зар}}$ і значно скоротити тривалість зарядки сифона $t_{\text{зар.}}$ (тобто тривалість „пульсації“).

Але основним обмеженням для надмірно великого збільшення швидкості фільтрування $V_{\text{ф.}}$ (вище 10 м/год) за рахунок збільшення вихідної витрати $q_{\text{вих.}}$ є те, що при постійній величині сумарної витрати $Q_{\text{сум.}}$ ($Q_{\text{сум.}}$ залежить виключно від фактичної пропускної здатності

сифона при даному діючому напорі H – див. [3]) витрати $q_{вих.}$ і $q_{пром.}$ є взаємозалежними: збільшуючи швидкість фільтрування V_{ϕ} (за рахунків збільшення витрати $q_{вих.}$), ми водночас зменшуємо величину промивної витрати $q_{пром.}$, оскільки: $Q_{сум.} = q_{пром.} + q_{вих.}$. Тому збільшувати вихідну витрату $q_{вих.}$ можна лише в такій мірі, щоб промивна витрата $q_{пром.}$ не була меншою від мінімально-допустимої величини – для забезпечення необхідної мінімально допустимої інтенсивності промивки: $I_{min.} = 9-10 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Іншою, не менш важливою причиною недопущення збільшення швидкості фільтрування вище 10 м/год є те, що при більш високих швидкостях (11-12 м/год і вище) може значно погіршуватись якість фільтрату, яка є основним (першочерговим) критерієм оцінки ефективності роботи водоочисної установки.

Найбільш оптимальними швидкостями фільтрування, які забезпечать задовільне очищення води від заліза (з доведенням його залишкового вмісту у воді до гранично допустимої концентрації – не більше 0,3 мг/л), з одного боку, і нормальну роботу системи гідроавтоматики установки – з другого, є швидкості, що знаходяться в межах $V_{\phi} = 8-10 \text{ м/год}$.

З урахуванням вищесказаного і на основі результатів досліджень за методикою, запропонованою в [3], було виконано гідравлічний розрахунок установки для різних діаметрів труб фільтрувальної колони (від 200 до 1000 мм) при різних розрахункових швидкостях фільтрування та різних інтенсивності промивки. Результати розрахунків наведені в таблиці.

Примітка. У розрахунках за матеріал труб висхідної і низхідної гілок сифона було в основному прийнято сталеві водогазопровідні труби (в таблиці діаметр умовного проходу показаний без позначок). Позначкою * (біля діаметра умовного проходу) показано сталеві електрозварні труби, розрахунковий внутрішній діаметр яких дещо більший від внутрішнього діаметра сталевих водогазопровідних труб.

Всі розрахунки здійснювали на ПЕОМ за допомогою електронних таблиць MS Excel.

Висновки:

1. Зарядка сифона (ефективність зарядки) залежить від таких взаємозалежних факторів:

критична швидкість руху води в низхідній гілці сифона $V_{кр.}$ та її приріст $\Delta V/t_{зар.}$ до величини $V_{зар.}$ (при якій відбувається повна зарядка сифона) – фактори, які безпосередньо впливають на ефективність зарядки сифона і на її тривалість $t_{зар.}$;

- швидкість фільтрування V_{ϕ} , швидкість приросту втрат напору у фільтраційному завантаженні, величина імпульсної витрати $q^{зар}_{имп.}$, діаметри висхідної і низхідної гілок сифона та інші конструктивні особливості – фактори, які опосередковано впливають на ефективність зарядки сифона через вплив на першу групу факторів (на $V_{кр.}$, $\Delta V/t_{зар.}$ і $V_{зар.}$).

2. Початковою і визначальною умовою для забезпечення нормальної роботи водоочисної установки в цілому і системи гідроавтоматики зокрема є: правильний підбір діаметрів і довжин труб висхідної і низхідної гілок сифона, діаметра імпульсної трубки та інших складових елементів установки, який виконується згідно з [3]; підбір гранулометричного складу і висоти шару фільтраційного завантаження (при заданій концентрації заліза у вихідній воді і необхідного ступеня очистки), а також забезпечення (створення) найбільш оптимального режиму роботи установки (правильний вибір швидкості фільтрування, інтенсивності промивки та ін.).

1. Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. – Рівне: РТДУ, 1999. – 144 с.

2. Орлов В.О., Гордієнко Ю.І. Гідроавтоматична фільтрувальна установка для знезалізнєння води // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. Вип. 4 (17). – Рівне: УДУВГП, 2002. – С. 245-252.

3. Орлов В.О., Гордієнко Ю.І. Розрахунок гідроавтоматичної фільтрувальної установки для знезалізнєння води // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: Зб. наук. праць. Вип. 27. – Рівне: УДУВГП, 2002. – С. 245-252.

4. Сафонов Н.А., Квартенко А.Н., Сафонов А.Н. Самопромывающиеся водоочистные установки. – Ровно: РГТУ, 2000. – 155 с.

Отримано 30.09.2003

УДК 628.356.1

Л.Н.ШУТЕНКО, С.С.ДУШКИН, доктора техн. наук,
М.С.ЗОЛОТОВ, профессор, Е.Б.СОРОКИНА, канд. техн. наук,
В.А.МЕЛЬМАН

Харьковская государственная академия городского хозяйства

АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ И ХОЛОДНОЙ ВОДЫ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ г.ХАРЬКОВА

Приводятся методика определения и статистическая обработка расходов горячей и холодной воды. Дана оценка соотношения объемов холодной и горячей воды в норме потребления для населения г.Харькова.

Для анализа фактического потребления и определения соотношения объемов горячей и холодной воды в норме водопотребления по